

було встановлено, що в обмінній та карбонатній фракціях, сполуки яких характеризуються найбільшою рухливістю і можуть надходити до контактуючого горизонту води, він практично був відсутній. У фракції залізо-марганцевих оксидів його частка склала 46,2 % від загального вмісту молібдену у донних відкладах. У зв'язаному стані з органічними речовинами знаходилося 47,2 %, тоді як в залишковій, де молібден включений до кристалічних ґраток мінералів, його частка становила лише 6,7 %.

Отже, молібден у воді оз. Вербоного переважно знаходився в розчинній формі, біодоступний та з високою міграційною здатністю. Проте процеси сорбції та осадження сприяли його накопиченню в донних відкладах, де він головним чином знаходився у малорухомих сполуках твердого субстрату донних відкладів. Частина молібдену, що була адсорбована та співосаджена з оксидами заліза й марганцю, та в комплексних сполуках з органічними речовинами фактично була виведена з водного середовища в донні відклади. Донні відклади оз. Вербоного можна вважати «депо» молібдену.

Література

1. Ігнатенко І.І. Вміст і форми міграції молібдену у воді верхньої ділянки Канівського водосховища та деяких озер м. Києва / І.І. Ігнатенко, П.М. Линник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: наук. зб. – К., 2008. – Т. 14. – С. 157–164.
2. Игнатенко И.И. Влияние различных факторов на миграцию молибдена в системе «донные отложения – вода» / И.И. Игнатенко // Материалы III Межд. науч. конф. “Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды”, 17–22 сентября 2007 г. – Белорус. Госуд. Унив. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2007. – С. 313–314.
3. Основы аналитической химии. Практическое руководство. / [В.И. Фадеева, Т.Н. Шеховцова, В.М. Иванов и др.] – М.: Высш. шк., 2001. – 463 с.
4. Tessier A. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals / A Tessier, P.G.C. Campbell, M. Bisson // Analytical chemistry, 1979. – Vol. 51. – № 7, June. – P. 844–851.

УДК 574

КОЛИВАННЯ ПРОДУКЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РИБ У ТОКСИЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Н.І. Корево¹, В.П. Гандзюра²

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка, вул. Велика Бердичівська, 40, Житомир, 10008, Україна

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна

Дослідження біопродукційних показників риб за токсичного впливу зазвичай оцінюється за кінцевими результатами – змінами тих чи інших показників в кінці експерименту. Це лишає поза увагою коливання біопродукційних показників у токсичному середовищі, оскільки в багатьох випадках кінцеві значення біопродукційних показників можуть суттєво не відрізнятися від контрольних. Зокрема, в методиці з біотестування на рибах [3] про коливання значень досліджуваних показників взагалі не згадується. Водночас з літератури щодо надійності технічних систем відомо, що шум транзисторів і інших електронних пристроїв у низькочастотному діапазоні дає суттєву інформацію про довговічність елементів [5]. Чим вища амплітуда шумів, тим більша вірогідність виходу функціонального параметра за межі області його припустимих значень, відповідно, вища ймовірність відмови системи за цим параметром. В біосистемах флуктуації відомі давно. Спонтанно флуктують активності ферментів у

розчинах [7]. З позиції теорії надійності посилення "шумів" в організмі слід чекати при патологічних станах [6]. Таким чином, аналіз флуктуацій показників метаболічних процесів може дати цінну інформацію про стан організму риб. Цей теоретико-надійнісний підхід може стати основою нових схем випробувань фізіологічно активних речовин і оцінки функціональних можливостей біосистем [1].

Нами проведено дослідження впливу Cr^{6+} , Cd^{2+} і Pb^{2+} на питому швидкість росту (g) і ефективність конвертування корму (K_1) у одномісячної молоді гупі і коропа. Досліди проводили на гупі – *Poecilia reticulata* і коропа *Cyprinus carpio*. Для підтримання постійної концентрації токсикантів воду щодоби змінювали, додаючи певну кількість досліджуваного токсиканта. Щодоби риб зважували. Годували їх трубочником досхочу. Визначали питому швидкість росту (g) за формулою: $g = \ln(m_2/m_1) / \Delta t$; ефективність конвертування їжі (K_1) [2].

В усіх випадках за умов токсичного впливу важких металів нами відмічені різкі коливання значень досліджених нами показників. У більшості випадків низькі концентрації токсикантів стимулювали біопродукційні параметри риб, а подальше зростання концентрації призводило до їх зниження.

В той час як у контролі ефективність конвертування їжі залишалася досить постійною протягом періоду досліджень (30 діб), то за умов токсичного впливу важких металів спостерігалися коливання значень цього параметру по добам у залежності від концентрації токсиканта.

Аналогічна залежність характерна і для питомої швидкості росту, коливання значень якої ще більш значні: на початку експеримента питома швидкість росту більша, ніж у контролі, на другому тижні спостерігається її значне падіння, на третьому – різке зростання і потім знову значне зниження.

Це, з одного боку, свідчить про розбалансування метаболічних процесів риб, а по-друге, – про фазовість підключення систем регулювання та підтримання гомеостазу за впливу токсиканту.

Цікаво, що Pb^{2+} у всьому діапазоні досліджених концентрацій (від 1 до 100 ГДК) викликав незначне зростання біопродукційних показників, і лише за концентрації 10 мг/л спостерігалось їх зниження та подальша елімінація піддослідних риб. Але і в цьому випадку ми можемо діагностувати токсичний ефект за осциляцією значень біопродукційних показників.

Таким чином, за наявності у воді токсикантів у піддослідних риб встановлено коливання біопродукційних параметрів, що свідчить про ступінчастий характер пристосування до токсичного середовища і про розбалансування метаболічних процесів у піддослідних риб.

Останнім часом коливання значень показників метаболічних процесів у риб стає предметом пильної уваги дослідників. Так, дослідження, проведені на рибах водойм з різним ступенем антропогенного навантаження (неорганічні і органічні забруднюючі речовини, в тому числі важкі метали, нафтопродукти тощо з використанням біохімічних методів, які дозволяли оцінити варіабельність близько 200 індивідуальних показників білкового, ліпідного, вуглеводного, нуклеопротейдного метаболізму кількох органів риб показали велике розмаїття змін індивідуальних біохімічних показників в залежності від характеру і тривалості дії різних концентрацій токсиканта, що утруднює однозначну оцінку ступеня, інтенсивності і небезпеки для організму даного забруднення. Грунтуючись на оцінці ступеня відхилення від природних меж варіабельності досліджених біохімічних показників, в усіх експериментах визначали кількість показників, близьких до крайніх меж варіабельності чи навіть тих, що виходять за їх межі і виражали їхню кількість у відсотках до загальної кількості досліджених показників. Цю інтегральну величину назвали інтегральним біохімічним індексом (ІБІ) [4]. Індекс від видової належності і віку риби, а також від токсичності забруднювача. Величина ІБІ в

токсикологічних експериментах відповідає принципу “доза–ефект, Тобто зі зростанням дози токсиканта зростає і ефект, що ним спричинюється. На думку авторів, особливо цінним є використання ІБІ для оцінки загального рівня забруднення водойми.

Всі досліджені нами важкі метали спричинювали аналогічний вплив: істотне зростання амплітуди питомої швидкості росту і ефективності трансформації раціону. Причому в усіх випадках навіть за концентрацій, що складають 0,1 ГДК різко зростає амплітуда коливань відповідних значень.

Таким чином, при оцінці впливу шкідливих чинників на організм риб варто не лише констатувати амплітуди коливань. Це дає не менш важливу інформацію про токсичність середовища. Саме тому будь-які відхилення значень досліджуваних показників від контрольних може свідчити про наявність токсичного ефекту. Амплітуда коливань має вкрай важливе значення для діагностики екотоксикологічних ефектів. Це уможливорює допорогову діагностику токсичних ефектів за реакціями риб. При перевищенні певних значень зростає ризик виходу системи за межі її стійкості, що може призвести до летальних наслідків.

Таким чином, нами показана важливість врахування осциляцій значень досліджуваних показників риб для об'єктивної оцінки впливу шкідливих чинників, їх раннього виявлення та вжиття адекватних заходів для запобігання небажаних ефектів.

Література

1. Гродзинский Д.М., Войтенко В.П., Кутлахмедов Ю.А., Кольтовер В.К. Надежность и старение биологических систем. – К.: Наук. думка, 1987. – 176 с.
2. Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. – К.: Наук. думка, 1983. – 208 с.
3. Лукьяненко В.И., Карпович Т.А. Биотестирование на рыбах /Методические рекомендации/ – АН СССР, 1989. – 96 с.
4. Сидоров В.С., Немова Н.Н., Высоцкая Р.У. Использование интегрального биохимического индекса для оценки ПДК и биохимических изменений у рыб при токических воздействиях // Современные проблемы водной токсикологии – Всероссийская конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья (19-21 ноября 2002 г, Борок): Тез. докл. – Борок, 2002. – С. 121-122.
5. Таннебергер К. Шумы и надежность // Надежность электронных элементов и систем. – М.: Мир, 1977. – С. 207-218.
6. Фролькис В.В., Горбань Е.Н., Кольтовер В.К. Влияние антиоксиданта бутилированного гидрокситолуола (дибунала) на гормональную регуляцию у крыс разного возраста // Докл. АН СССР. – 1985. – Т. 284, №2. – С. 449-502.
7. Шнюль С.Э. Спонтанные обратимые изменения (“конформационные колебания”) препаратов мышечных блоков: Автореф. дис... доктора биол. наук. – Пушино на Оке, 1970. – 26 с.